

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-003891
(43)Date of publication of application : 08.01.2004

(51)Int.Cl.

G01M 13/04
G01H 17/00
G01M 19/00

(21)Application number : 2002-160752

(71)Applicant : CHUGOKU ELECTRIC POWER CO
INC:THE
NTN CORP
SHINKAWA SENSOR TECHNOLOGY
INC
IWATSUBO TAKUZO

(22)Date of filing : 31.05.2002

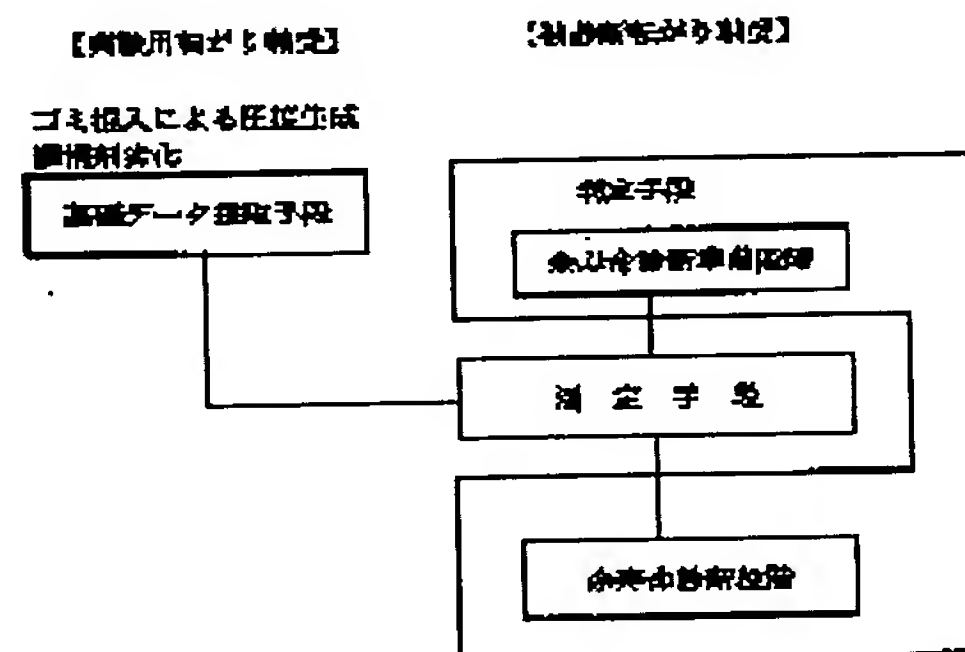
(72)Inventor : SHIROMARU ISAO
TANAKA MAKOTO
AKAMATSU YOSHINOBU
NAGAYASU YOJI
BOTA SHINGO
IWATSUBO TAKUZO

(54) METHOD AND SYSTEM FOR ASSESSING REMAINING LIFE OF ROLLING BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To inexpensively detect mixing of dust to lubricants and deterioration in the lubricants, that greatly produce adverse effect on the life of a roll bearing by using the resonance frequency band and high frequency signals of an acceleration sensor, and to accurately presume the life of the rolling bearing, based on the state of the lubricants at an early stage.

SOLUTION: A system for assessing the remaining life of the rolling bearing comprises a basic data collecting means for collecting the relationship between the state of mixing of dust or deterioration in the lubricants and vibration/the life of a bearing in the rolling bearing 3 by an experimental device; a means of measuring for obtaining a vibration signal by using the acceleration sensor 4 to measure the resonance frequency band and high frequency signals, capable of best high sensitivity detection in the rolling bearing 3 to be assessed, provided in rotary components 1 and 2; and a determining means for presuming the mixing of dust with the rolling bearing 3 to be assessed and deterioration in the lubricants using a measured value, obtained by the means of measurement and data obtained by the basic data collecting means to calculate the remaining life of the rolling bearing 3 to be assessed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

17.05.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the

examiner's decision of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2004-3891
(P2004-3891A)

(43) 公開日 平成16年1月8日(2004.1.8)

(51) Int. Cl. ⁷	F 1	テーマコード (参考)
GO 1 M 13/04	GO 1 M 13/04	2 GO 2 4
GO 1 H 17/00	GO 1 H 17/00	2 GO 6 4
GO 1 M 19/00	GO 1 M 19/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 43 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2002-160752 (P2002-160752)	(71) 出願人	000211307 中国電力株式会社 広島県広島市中区小町4番33号
(22) 出願日	平成14年5月31日 (2002.5.31)	(71) 出願人	000102692 NTN株式会社 大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
		(71) 出願人	501465757 新川センサテクノロジー株式会社 東京都千代田区翫町4丁目3-3 新翫町ビル3階
		(71) 出願人	598164784 岩壺 卓三 兵庫県神戸市灘区六甲台町1丁目1番 神戸大学内

最終頁に続く

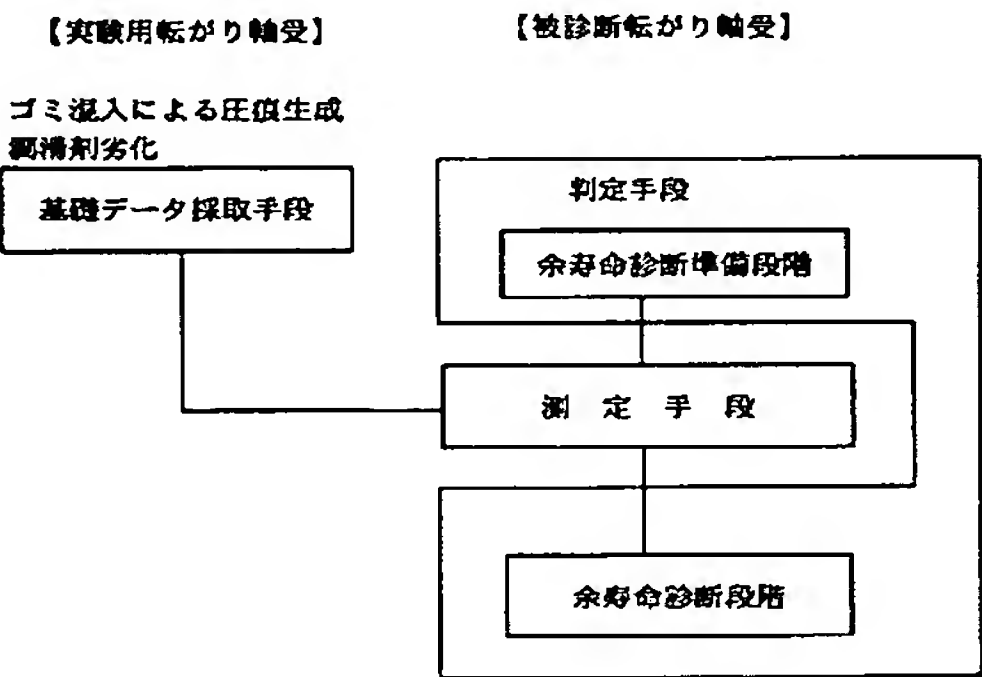
(54) 【発明の名称】 転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置

(57) 【要約】

【課題】 転がり軸受の寿命に多大に影響する、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサの共振周波数帯信号や高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受の寿命を早期に高精度に推定する。

【解決手段】 転がり軸受3におけるゴミ混入状態又は潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取する基礎データ採取手段と、回転機器1、2に備えられた被診断転がり軸受3について、加速度センサ4を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は高周波信号を測定する測定手段と、測定手段により求めた測定値と、基礎データ採取手段で求めたデータとを用いて、被診断転がり軸受3のゴミ混入状態と潤滑剤劣化状態を推定し、被診断転がり軸受3の余寿命を算出する判定手段と、から成る。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

転がり軸受（3）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、及び潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取する基礎データ採取手段と、ポンプ、ファン等の回転機器（1, 2）に備えられた被診断転がり軸受（3）について、加速度センサ（4）を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号を測定する測定手段と、前記測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求めたデータとを用いて、前記被診断転がり軸受（3）のゴミ混入状態と潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受（3）の余寿命を算出する判定手段と、から成る、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断方法。

10

【請求項 2】

転がり軸受（3）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、及び潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取する基礎データ採取手段と、ポンプ、ファン等の回転機器（1, 2）に備えられた被診断転がり軸受（3）について、加速度の高周波信号帯域を測定する測定手段と、前記測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求めたデータとを用いて、前記被診断転がり軸受（3）のゴミ混入状態と潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受（3）の余寿命を算出する判定手段と、から成る、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断方法。

20

【請求項 3】

前記基礎データ採取手段は、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の転動面に圧痕を生成させ、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 4】

前記基礎データ採取手段は、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に異物を混入させ、その異物の量やサイズを変えて、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 5】

前記基礎データ採取手段は、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に異物を混入させ、その異物の硬さを変えて、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

30

【請求項 6】

前記基礎データ採取手段は、潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤量を減少させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 7】

前記基礎データ採取手段は、潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤を酸化劣化させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

40

【請求項 8】

前記基礎データ採取手段は、潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に水を混入させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 9】

前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 1、2、3、4 又は 5 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 10】

前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4

50

）の高周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 1、2、3、4 又は 5 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 1 1】

前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 1、2、6、7 又は 8 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 1 2】

前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の高周波帯域の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 1、2、6、7 又は 8 の転がり軸受の余寿命診断方法。

10

【請求項 1 3】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を測定する、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 1 4】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕の発生を測定する、ことを特徴とする請求項 1 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 1 5】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕のサイズを測定する、ことを特徴とする請求項 1 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

20

【請求項 1 6】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を測定する、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 1 7】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕の発生を測定する、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 1 8】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入による圧痕のサイズを測定する、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

30

【請求項 1 9】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 0】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波帯域の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 1】

前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態の推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

40

【請求項 2 2】

前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕の発生の検出及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 3】

前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

50

【請求項 2 4】

前記判定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態の推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 5】

前記判定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕の発生を検出及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 6】

前記判定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号で、ゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。 10

【請求項 2 7】

前記判定手段における潤滑剤の劣化状態の推定及び余寿命の算定を、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 1 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 8】

前記判定手段における潤滑剤の劣化状態の推定及び余寿命の算定を、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号で求める、ことを特徴とする請求項 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 2 9】

前記判定手段は、予め測定した被診断転がり軸受（３）の正常状態の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータとを用いる、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。 20

【請求項 3 0】

前記判定手段は、前記測定手段で求めたデータ及び予め測定した被診断転がり軸受（３）の正常状態の振動データを用い、加速度の低周波振動信号の増加傾向を算出することにより、前記被診断転がり軸受（３）が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 3 1】

前記判定手段は、加速度センサ（４）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号を用いて、ゴミ混入の有無及び潤滑剤の劣化の有無を判定し、被診断転がり軸受け（３）が正常な劣化過程であるのか、ゴミ混入過程であるのか、潤滑剤の劣化過程であるのかを判定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。 30

【請求項 3 2】

前記判定手段は、加速度センサ（４）の高周波数帯の振動信号を用いて、ゴミ混入の有無及び潤滑剤の劣化の有無を判定し、被診断転がり軸受け（３）が正常な劣化過程であるのか、ゴミ混入過程であるのか、潤滑剤の劣化過程であるのかを判定する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 3 3】

前記判定手段は、前記被診断転がり軸受（３）にゴミ混入もなく、潤滑剤も劣化状態にならない軸受状態が正常な劣化過程であると判定し、その余寿命として定格寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。 40

【請求項 3 4】

前記判定手段は、前記被診断転がり軸受（３）にゴミが混入し、軸受状態が劣化初期であると判定し、前記基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 3 5】

前記判定手段は、前記被診断転がり軸受（３）の潤滑剤が劣化して軸受状態が劣化初期で 50

あると判定し、

前記基礎データ採取手段における振動データより、前記潤滑剤の劣化状態を推定し、その余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 36】

前記判定手段は、劣化末期と判定したときに、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向に基づいて余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。

【請求項 37】

前記判定手段は、劣化末期と判定したときに、ゴミ混入又は潤滑剤の劣化から劣化末期までの時間に基づいて余寿命を算出する、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 の転がり軸受の余寿命診断方法。 10

【請求項 38】

余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受 (3) に関する振動信号を測定する加速度センサ (4) と、

該加速度センサ (4) で求めたデータを変換するアナログ／デジタル変換器 (5) と、
該アナログ／デジタル変換器 (5) で変換した振動信号の中で、最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号を抽出する特徴量抽出部 (6) と、

転がり軸受 (3) におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を記した基礎データ、及びポンプ、ファン等の回転機器 (1, 2) に備えられた被診断転がり軸受 (3) の正常状態のときに採取した振動データ、及び軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータを保存した測定結果データベース (7) と、 20

該測定結果データベース (7) に搭載されたデータを用いることにより、前記特徴量抽出部 (6) で抽出した、前記被診断転がり軸受 (3) の振動信号に基づいて前記被診断転がり軸受 (3) のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断する余寿命診断部 (8) と、

該余寿命診断部 (8) の結果を表示する診断結果表示部 (9) と、
を備えた、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断装置。

【請求項 39】

余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受 (3) に関する振動信号を測定する加速度センサ (4) と、 30

該加速度センサ (4) で求めたデータを変換するアナログ／デジタル変換器 (5) と、
該アナログ／デジタル変換器 (5) で変換した振動信号の中で、高周波信号を抽出する特徴量抽出部 (6) と、

転がり軸受 (3) におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を記した基礎データ、及びポンプ、ファン等の回転機器 (1, 2) に備えられた被診断転がり軸受 (3) の正常状態のときに採取した振動データ、及び軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータを保存した測定結果データベース (7) と、

該測定結果データベース (7) に搭載されたデータを用いることにより、前記特徴量抽出部 (6) で抽出した、前記被診断転がり軸受 (3) の振動信号に基づいて前記被診断転がり軸受 (3) のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断する余寿命診断部 (8) と、 40

該余寿命診断部 (8) の結果を表示する診断結果表示部 (9) と、
を備えた、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断装置。

【請求項 40】

前記余寿命診断部 (8) の診断結果に基づいて、前記被診断転がり軸受 (3) の次回の点検スケジュールと診断結果のレポートとを出力する点検スケジュール・診断レポート出力部 (10) を、更に備えた、ことを特徴とする請求項 38 又は 39 の転がり軸受の余寿命診断装置。

【請求項 4 1】

前記点検スケジュール・診断レポート出力部（10）は、プリンタ（12）である、ことを特徴とする請求項 4 0 の転がり軸受の余寿命診断装置。

【請求項 4 2】

前記点検スケジュール・診断レポート出力部（10）は、モニターである、ことを特徴とする請求項 4 0 の転がり軸受の余寿命診断装置。

【請求項 4 3】

前記波形データと診断結果をインターネット回線に接続する伝送用モデム（11）を、更に備えた、ことを特徴とする請求項 3 8 又は 3 9 の転がり軸受の余寿命診断装置。

【発明の詳細な説明】

10

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ポンプ、ファン等の回転機器に備えられる転がり軸受の残りの寿命を推定する転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

転がり軸受は、広範な機器の回転部分に数多く使用されており、これらの転がり軸受に異常が発生すると、その機械設備の停止などいろいろな不都合が生じる。一般に、転がり軸受は精度が高く、適正な使用条件下では、繰り返し疲労による疲れ破壊が生ずるまで長時間使用することができる。しかし、その寿命は使用条件、環境により異なり、同じ機器、軸受でも寿命の違うことがある。

20

【0003】

転がり軸受の予期しない故障は、潤滑剤の不適正あるいは回転軸のミスアライメント、転がり軸受の不適切な組込み等のストレスのかかるメカニカルな状態から生じる。転がり軸受の故障原因として多いのはゴミの混入、潤滑剤の劣化等の不適切な潤滑が大半を占めている。その転がり軸受の余寿命診断方法としては、種々の手段が提案されている。例えば、加速度センサを用いて軸受の振動を測定し、この軸受振動値が許容値を超えると警報を発する方法がある。軸受振動の周波数の解析により、その故障の原因を推定する方法がある。軸受振動値の増加傾向を予測することにより、その寿命を予知する方法がある。その他にも、ショックパルス法や A E（A c o u s t i c E m i s s i o n）法等が提案されている。

30

【0004】

軸受振動値の増加傾向予測方法は、最も多く使われている予測方法である。軸受の加速度振動の増加傾向を直線や二次曲線、指数曲線で予測し、予め設定した許容振動値に達するまでの残り時間で予測する方法である。

【0005】

ショックパルス法は、ショックパルス（過度的な圧縮波）を用いて、転がり軸受の故障の早期発見、潤滑剤の劣化状態を診断する診断方法である。一般に、転がり軸受の転動体（コロ）と軌道輪が接触した瞬間に固有振動が生じ、材質内に局所的な巨大な圧力が加えられ、これが材質内に「圧力波」を誘起する。この接触した面に凹凸が不規則に存在すると、その接触の瞬間に不規則な圧力波が多数発生する。これらの各圧力波は過度的な圧縮波（ショックパルス）と称され、これは超音波の形で接触点から軸受、軸受ハウジング内部を通して放射拡散される。そこで、このショックパルスの発生状態を調べることにより、軸受の潤滑剤膜の厚みや損傷の程度の診断という潤滑剤の劣化状態を診断し、潤滑剤補給時期の決定を行う。

40

【0006】

A E 法は、加速度より周波数の高い A E 信号を用いて、転がり軸受の故障の早期発見、余寿命を診断する方法である。この A E 法は、物体が変形或いは破壊されるときに、それまで蓄えられていた歪エネルギーが音となって伝播する現象である A E 信号を利用した診断方法である。この A E 信号は材料内部の弾性エネルギーが解放されるときに弾性波の伝播

50

であり、必ずしも破壊のときのみではなく、材料の結晶構造の転位や変態なども対象とする。このA E信号を回転している転がり軸受についてA Eセンサーを用いて信号処理を行い、そのA E波の発生頻度を観察して、その転がり軸受の診断を行う。

【0007】

このような診断方法を用いて、転がり軸受の予期しない故障を未然に予知して、その軸受の取替え時期を前もって予測している。そこで、軸受の異常を認知する「無事故寿命」と軸受の焼付き、破損にいたる「事故発生寿命」を明確にして、その無事故寿命から事故発生寿命の期間、即ち余寿命を予測している。回転機器の異常の有無の判定と原因の推定を行い、異常の程度を判定して、転がり軸受の修理のタイミングを決定している。最も良く用いられる加速度振動の統計的予測では、寿命予測時点までの振動値をパラメータとして、二次曲線や指数関数に曲線回帰し、許容できる振動値に達するまでの期間を求めて余寿命としていた。また、ショックパルス法では、ショックパルスの発生頻度により潤滑剤の劣化状態を推定し、潤滑剤の補給時期を決定する。また、A E法は、加速度振動の統計的予測と同様に余寿命を推定している。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上記従来の診断方法では、許容できる振動値の設定が難しく、その値の設定しただけで余寿命が大きく変化し、精度の高い余寿命の予測が困難であった。また、振動が増加し始めるときは、既に軸受寿命の末期であるために、長期的な保守計画が立てづらく、また余寿命を予測しても修理が間に合わないこともあった。そのため、実際には、真の寿命に対して十分余裕があるにもかかわらず、その転がり軸受を早期に交換している場合が多かった。また、このような余寿命診断精度の低さから、実際の発電所や工場等では、軸受の点検周期を伸延させることができず、軸受を数年おきに全数交換する定期点検という保守体制を余儀なくされていた。これらは保全本来のコストの削減、省力化にならないという問題を有していた。

【0009】

また、上記従来のショックパルス法は、潤滑剤の劣化状態に対しては、早期の劣化検出・潤滑剤の補給時期判断はできるものの、現在の状態から余寿命を正確に診断することはできないという問題を有していた。

【0010】

更に、上記従来のA E法は、加速度を用いた上記統計的方法に比べる早期の診断は可能であるが、この診断に用いるA E (Acoustic Emission) センサー及び信号処理回路が高価であり、またA E波は微妙であるために周辺騒音を拾いやすいという問題を有していた。

【0011】

本発明は、かかる問題点を解決するために創案されたものである。すなわち、本発明の目的は、転がり軸受の寿命に多大に影響する、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサの共振周波数帯信号や高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受の寿命を早期に高精度に推定することができる転がり軸受の余寿命診断方法及びこの余寿命診断装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明の余寿命診断方法によれば、転がり軸受(3)におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、及び潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を実験装置により採取する基礎データ採取手段と、ポンプ、ファン等の回転機器(1, 2)に備えられた被診断転がり軸受(3)について、加速度センサ(4)を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は加速度の高周波信号帯域を測定する測定手段と、前記測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求めたデータとを用いて、前記被診断転がり軸受(3)のゴミ混入状態と潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受(3)の余寿命を算出する判定手段と、から成る、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断

方法が提供される。

【0013】

前記基礎データ採取手段では、ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の転動面に圧痕を発生させ、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。ゴミ混入状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の転動面に圧痕を発生させ、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。また、ゴミ混入状態を模擬するその他の方法として、前記転がり軸受（3）の潤滑剤に異物を混入させ、その異物の量やサイズ、または硬さを変えて、ゴミ混入状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。潤滑剤の劣化状態を模擬するために、前記転がり軸受（3）の潤滑剤量を減少させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。また、潤滑剤の劣化状態を模擬するその他の方法として、前記転がり軸受（3）の潤滑剤を酸化劣化させたり、の潤滑剤に水を混入させ、潤滑剤の劣化状態と軸受振動・寿命の関係を測定する。

10

【0014】

前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める。または、前記基礎データ採取手段におけるゴミ混入状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号で求める。

【0015】

前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める。または、前記基礎データ採取手段における潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号で求める。

20

【0016】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を、ゴミ混入による圧痕の発生を、更にゴミ混入による圧痕のサイズを測定する。または、前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態を、ゴミ混入による圧痕の発生を、更にゴミ混入による圧痕のサイズを測定する。

【0017】

前記測定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する。または、前記測定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、潤滑剤の劣化状態を測定する。

30

【0018】

前記判定手段は、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態、ゴミ混入による圧痕、又はゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする。または、前記判定手段は、加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号により、ゴミ混入状態、ゴミ混入による圧痕、又はゴミ混入による圧痕サイズの推定及び余寿命の算出をする。

【0019】

前記判定手段における潤滑剤の劣化状態の推定及び余寿命の算定を、加速度センサ（4）の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号、又は加速度センサ（4）の高周波数帯の振動信号で求める。

40

【0020】

前記判定手段では、予め測定した被診断転がり軸受（3）の正常状態の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータとを用いる、ことが好ましい。

【0021】

前記判定手段は、前記測定手段で求めたデータ及び予め測定した被診断転がり軸受（3）の正常状態の振動データを用い、加速度の低周波振動信号の増加傾向を算出することにより、前記被診断転がり軸受（3）が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する。

50

【0022】

前記判定手段は、前記測定手段で求めた被診断軸受け（３）の加速度センサ（４）の共振周波数帯信号、または高周波帯信号、及び予め測定した被診断転がり被診断転がり軸受け（３）の正常時の振動データを用いて、前記被診断転がり軸受（３）が正常な劣化過程であるか、ゴミ混入過程であるか、潤滑剤の劣化過程であるかを判定する。

前記被診断転がり軸受（３）にゴミ混入もなく、潤滑剤も劣化状態にない軸受状態が正常な劣化過程であると判定した場合は、その余寿命として定格寿命を算出する。次に、前記被診断転がり軸受（３）にゴミが混入し、軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、前記基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する。また、前記被診断転がり軸受（３）の潤滑剤が劣化して軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、前記基礎データ採取手段における振動データより、前記潤滑剤の劣化状態を推定し、その余寿命を算出する。

10

【００２３】

最後に、劣化末期と判定した場合は、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向及びゴミ混入又は潤滑剤の劣化から劣化末期までの時間に基づいて余寿命を算出する。

【００２４】

上記構成の診断方法では、基礎データ採取手段において、予めゴミの混入又は潤滑剤の劣化による潤滑が劣化したときの転がり軸受に圧痕の形成状態について、その加速度とゴミ混入状態の関係、加速度と潤滑剤状態の関係について実験装置により採取した基礎データを取得する。測定手段において、余寿命を診断しようとする回転機器（１，２）に備えられた被診断転がり軸受（３）について、加速度センサ（４）を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は高周波信号を測定する。次に、判定手段において、測定手段により求めた測定値と、前記基礎データ採取手段で求めたデータ、予め測定した被診断転がり軸受（３）の正常状態の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関する振動データとを用いて、前記被診断転がり軸受（３）のゴミ混入状態、潤滑剤の劣化状態を推定し、該被診断転がり軸受（３）の余寿命を算出する。

20

【００２５】

この判定手段に際しては、先ず、振動の増加傾向を算出することにより、前記被診断転がり軸受（３）が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する。劣化初期であると判定したときは、更に次のように判定する。先ず、前記測定手段で求めた被診断転がり軸受け（３）の加速度センサ（４）の共振周波数帯信号、または高周波帯信号、及び予め測定した被診断転がり軸受け（３）の正常時の振動データを用いて、前記被診断転がり軸受（３）が正常な劣化過程であるか、ゴミ混入過程であるか、潤滑剤の劣化過程であるかを判定する。

30

被診断転がり軸受（３）にゴミも混入しておらず、潤滑剤も劣化状態ではない、劣化初期ではあるが軸受状態が正常であると判定した場合は、その余寿命として定格寿命を算出する。次に、被診断転がり軸受（３）にゴミが混入し、劣化初期状態になったと判定した場合は、前記基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する。更に、前記被診断転がり軸受（３）の潤滑剤が劣化した場合は、軸受状態が劣化初期と判定し、前記データ採取手段における振動データより、前記潤滑剤の劣化を推定し、その余寿命を算出する。

40

【００２６】

最後に、劣化末期と判定したときには、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向に基づいて余寿命を算出する。このとき、本発明の診断方法では、振動の増加傾向予測だけでなく、ゴミ混入や潤滑剤の劣化から加速度の急増までの経過時間を観測することにより、より精度の高い余寿命を算出することができる。

【００２７】

このように本発明は、回転機器（１，２）の稼動中にその転がり軸受（３）の寿命を推定することにより、交換時期が確定し、より効率的な機器（１，２）の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器（１，２）については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受（３）の交換を実施するといった計画を容易に立て、保守の効率化を図

50

ることができる。また、従来の余寿命診断方法の精度不足から定期点検を余儀なくされていた回転機器に対して早期の余寿命診断が可能なることから、点検周期の長期化、劣化データの採取が容易になり、従来の定期点検体制から機器に応じて保守を行う状態基準保守への移行の効率化が期待できる。

【0028】

本発明の転がり軸受の余寿命診断装置によれば、余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受（3）に関する振動信号を測定する加速度センサ（4）と、該加速度センサ（4）で求めたデータを変換するアナログ／デジタル変換器（5）と、該アナログ／デジタル変換器（5）で変換した振動信号の中で、最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号又は高周波信号を抽出する特徴量抽出部（6）と、転がり軸受（3）におけるゴミ混入状態は高周波信号を抽出する特徴量抽出部（6）と、転がり軸受（3）におけるゴミ混入状態と振動・軸受寿命との関係、潤滑剤の劣化と振動・軸受寿命との関係を記した基礎データ及びポンプ、ファン等の回転機器（1, 2）に備えられた被診断転がり軸受（3）の正常状態のときに採取した振動データ、及び軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータを保存した測定結果データベース（7）と、該測定結果データベース（7）に搭載されたデータを用いることにより、前記特徴量抽出部（6）で抽出した、前記被診断転がり軸受（3）の振動信号に基づいて前記被診断転がり軸受（3）のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断する余寿命診断部（8）と、該余寿命診断部（8）の結果を表示する診断結果表示部（9）と、を備えた、ことを特徴とする転がり軸受の余寿命診断装置が提供される。

【0029】

上記構成の余寿命診断装置では、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサ（4）の共振周波数帯信号又は高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受（3）の寿命を早期に高精度に推定することができる。

【0030】

前記余寿命診断部（8）の診断結果に基づいて、前記被診断転がり軸受（3）の次の点検スケジュールと診断結果のレポートとを出力する点検スケジュール・診断レポート出力部（10）を、更に備えることが好ましい。前記点検スケジュール・診断レポート出力部（10）は、プリンタ（12）又はモニターである。

【0031】

このように本発明は、回転機器（1, 2）の稼働中にその転がり軸受（3）の寿命を推定することにより、点検スケジュール・診断レポート出力部（10）において交換周期又は交換時期が確定し、より効率的な機器の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器（1, 2）については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受（3）の交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。また、従来は、定期点検を余儀なくされていた設備に対し、早期の余寿命判断が可能なることから、点検周期の長期化、劣化データの採取が容易になり、従来の定期点検体制から機器の状態に応じて保守を行う状態基準の保守体制への移行を効率化することができる。

【0032】

前記波形データと診断結果をインターネット回線に接続する伝送用モデム（11）を、更に備えた。これにより、遠隔地において振動データのみを採取し、別の遠隔地で所定の転がり軸受（3）の余寿命を診断し、また、診断結果の管理を容易に行うことができる。

【0033】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施の形態を図面を参照して説明する。

図1は本発明の転がり軸受の余寿命診断方法を示すブロック図である。図2は余寿命診断方法で診断する対象物となる電動機と回転機器に備えられた転がり軸受の一例を示す断面図である。図3は転がり軸受の余寿命診断方法を示すフロー図である。図4は図3のフロー図におけるA部分（判定手段のうち余寿命診断準備段階）を示すフロー図である。図5は図3のフロー図におけるB部分（測定手段）を示すフロー図である。図6は図3のフロ

一図におけるC部分（判定手段のうち余寿命診断段階）を示すフロー図である。

本発明の転がり軸受の余寿命診断方法は、予め実験機において、ゴミ混入状態・潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を採取する基礎データ採取手段と、ポンプ、ファン等の回転機器1又は電動機2等の回転機構部分に備えられた余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受3の共振周波数帯信号又は高周波信号を測定する測定手段と、被診断転がり軸受3の余寿命を判定する判定手段と、から成るものである。

【0034】

基礎データ採取手段では、ゴミ混入を模擬するために、分解した軸受の転動面に直接きずをつけて、軸受に圧痕を生成させ、また潤滑剤の劣化状態を模擬するために潤滑剤を少なくした軸受を用いて軸受荷重試験機にて試験を行い、基礎データを採取する。また、この他にゴミ混入を模擬する方法として、潤滑剤にゴミの代わりとなる異物を混入させ、混入する異物の量や大きさを変える、混入する異物の硬さを変えるなどがある。同様に、潤滑剤の劣化を模擬する方法として、酸化劣化させた潤滑剤を使用する、水を混入させるなどがある。

【0035】

この基礎データ採取手段において、予めゴミの混入又は潤滑剤の劣化による潤滑が劣化したときの転がり軸受3に圧痕の形成状態について、その加速度と圧痕の大きさとの関係についてのデータを取得する。転がり軸受3の主な劣化形態は、内部起点型はく離と表面起点型はく離の2つの劣化モードがある。この内部起点型はく離は、転がり要素転動面の受ける繰り返し応力が転動面表層下に集中し、転動面内部からはく離が発生するものである。表面起点型はく離は、潤滑剤中へのゴミ等の異物の混入により転動面表面に傷がつき、転動面表面からはく離が発生するものである。軸受本来の寿命とは、内部起点型はく離モードにおける寿命であり、この寿命は近年の材料技術の進歩により、軸受の定格寿命の数倍～数十倍に伸延された。一方、潤滑剤中への異物混入等による表面起点型はく離モードの寿命は、内部起点型はく離の寿命の数分の一から数十分の一と著しく短くなる。

【0036】

このように転がり軸受3は多様な劣化モードを持ち、これらの劣化モード・破壊メカニズムを考慮することは軸受の余寿命診断において非常に重要である。そこで、本発明ではこのような転がり軸受3の劣化モードを考慮し、従来よりも早期に診断可能な、かつ高精度な余寿命を診断するために、その前提として基礎データ採取手段を用いた。

【0037】

余寿命を診断しようとする回転機器1, 2に備えられた被診断転がり軸受3については、判定手段のうち余寿命診断準備段階と測定手段とを講ずる。余寿命診断準備段階では、被診断転がり軸受3について、軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータ、及び加速度センサ4を用いて正常時の振動データを収集する。測定手段では、運転中における被診断転がり軸受3について、加速度センサ4を用いて振動信号を求め、最も高感度検出が可能な共振周波数帯信号又は高周波数帯信号を測定する。

【0038】

これらの基礎データ採取手段及び余寿命診断準備段階で求めたデータとを用いて、被診断転がり軸受3が劣化初期であるのか末期状態であるのかを推定する。この余寿命診断段階では、振動の増加傾向を算出することにより、この被診断転がり軸受3が劣化初期であるのか末期状態であるのかを判定する。

【0039】

この余寿命診断段階の結果について、被診断転がり軸受3が劣化初期であると推定したときには、次のような判定を行う。

まず、測定手段で求めた被診断転がり軸受け3の加速度センサの共振周波数帯信号、または高周波帯信号、及び余寿命診断準備段階で測定した被診断転がり被診断転がり軸受け3の正常時の振動データを用いて、被診断転がり軸受3が正常な劣化過程であるか、ゴミ混入過程であるか、潤滑油劣化過程であるかを判定する。

被診断転がり軸受3にゴミ混入もなく、潤滑剤も劣化状態にない軸受状態が正常な劣化過

10

20

30

40

50

程であると判定し、その余寿命として定格寿命を算出する。定格寿命については一般の数1のような計算式によって処理する。

【0040】

【数1】

$$\text{定格寿命 } L_{10} = \frac{10^6}{60 n} \left[\frac{C}{P} \right]^p$$

ここで、 L_{10} ：基本定格寿命(h)

n ：回転数(rpm)

C ：基本動定格荷重(N or kgf)

P ：動等価荷重(N or kgf)

p ：玉軸受なら $p=3$

ころ軸受なら $p=10/3$

10

【0041】

次に、被診断転がり軸受3にゴミが混入し、軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、基礎データ採取手段における振動データにより、混入したゴミのサイズを推定し、その余寿命を算出する。

20

【0042】

更に、被診断転がり軸受3の潤滑剤が劣化して軸受状態が劣化初期であると判定した場合は、基礎データ採取手段における振動データより、潤滑剤の劣化を推定し、その余寿命を算出する。

【0043】

最後に、劣化末期と判定したときに、前記加速度の低周波帯振動の増加傾向及びゴミ混入又は潤滑剤の劣化から劣化末期までの時間に基づいて余寿命を算出する。このように、本発明の診断方法では、ゴミの混入から加速度の急増までの経過時間観測等により、より精度の高い余寿命を算出することができる。

30

【0044】

このように本発明は、回転機器1, 2の運転中にその転がり軸受3の寿命を推定することにより、交換時期が確定し、より効率的な回転機器1, 2の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器1, 2については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受3の交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。

【0045】

図7はゴミ混入を模擬した圧痕のサイズと加速度センサの最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号との関係を求めたグラフである。

本発明では、基礎データ採取手段及び測定手段及び判定手段におけるゴミ混入による圧痕の発生の検出を、加速度センサ4の最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号で求める。また圧痕のサイズを、加速度センサ4の高周波帯域の振動信号で求めることができる。図示するように、このように圧痕サイズが0 μ mである正常時に比べ圧痕が発生すると、20 kHz ~ 40 kHz 帯域付近の加速度共振周波数帯の振動信号が非常に大きくなり、圧痕の発生が容易に検出できることがわかる。

40

【0046】

図8はゴミ混入を模擬した圧痕のサイズと、加速度センサの高周波数帯の振動信号との関係を求めたグラフである。

図示するように、圧痕サイズが0 mmから増加するにつれ、5 kHz ~ 20 kHz 帯域付近の加速度高周波数帯の振動信号が比例的に大きくなり、圧痕のサイズを容易に推定でき

50

ることがわかる。

【0047】

図9は発生した圧痕が、転がり軸受寿命に及ぼす影響を示すグラフである。

正常な転がり軸受の寿命を相対寿命1（定格寿命を相対寿命1とする）とすると、圧痕を付けた軸受の寿命は、それより遥かに短く、定格寿命の1/100以下になることもある。また、被診断転がり軸受3のはく離は、例外なく圧痕を起点としており、軸受寿命のパラッキは極めて小さいことが知られている。本発明の判定手段は、このような圧痕サイズと寿命の関係により推定する。

【0048】

図10は潤滑剤膜圧と寿命との関係を示すグラフである。

10

被診断転がり軸受3の寿命は、油膜パラメータが3未満になると、相対寿命が2.5以下と急激に低下し、相対寿命が0.2程度になることもある。このような急激な寿命の低下は軌道面と転動面の油膜圧が破断して生じた金属接触によるものである。本発明の判定手段は、ゴミ混入状態における転がり軸受3の余寿命診断と同様に、加速度センサ4の最も高感度な共振周波数帯信号、または高周波帯信号を用いて潤滑剤の劣化状態（油膜パラメータ）を推定し、潤滑剤の劣化状態における余寿命を診断する。

【0049】

図11は転がり軸受の余寿命診断装置を示す構成ブロック図である。

転がり軸受の余寿命診断装置は、加速度センサ4と、アナログ／デジタル変換器5と、特徴量抽出部6と、測定結果データベース7と、余寿命診断部8と、診断結果表示部9と、点検スケジュール・診断レポート出力部10と、伝送用モデム11と、を備えものである。

20

【0050】

アナログ／デジタル変換器5は、前述した余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受3等について加速度センサ4で求めたデータを変換するものである。特徴量抽出部6は、このアナログ／デジタル変換器5で変換した振動信号の中で、最も高感度検出が可能な共振周波数帯の振動信号を抽出するものである。

【0051】

測定結果データベース7は、上述したように、予め実験機においてゴミ混入状態・潤滑剤の劣化状態と振動・寿命の関係を採取した基礎データと、ポンプ、ファン等の回転機器1又は電動機2等の回転機構部分に備えられた余寿命を診断しようとする被診断転がり軸受3の軸受荷重、回転速度、運転時間及び転がり軸受呼び番号に関するデータ、及び被診断転がり軸受3の正常時の振動データを収集し、保存するものである。

30

【0052】

余寿命診断部8は、この測定結果データベース7に搭載されたデータを用いることにより、特徴量抽出部6で抽出した、被診断転がり軸受3の振動信号に基づいて被診断転がり軸受3のゴミの混入と潤滑剤の劣化状態とを判定し、その余寿命を診断するものである。

【0053】

診断結果表示部9は、余寿命診断部9の結果を表示するものである。点検スケジュール・診断レポート出力部10は、余寿命診断部9の診断結果に基づいて、被診断転がり軸受3の次の点検スケジュールと診断結果のレポートとをプリンタ1, 2等に出力するものである。このように本発明は、回転機器1, 2の稼働中にその転がり軸受3の寿命を推定することにより、点検スケジュール・診断レポート出力部10において交換周期又は交換時期が確定し、より効率的な機器の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器1, 2については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受3の交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。

40

【0054】

上記構成の余寿命診断装置では、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサ4の共振周波数帯信号又は高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に転がり軸受の寿命を高精度に推定することができる。

50

【0055】

伝送用モデム11は、波形データと診断結果をインターネット回線に接続するものである。このように、インターネット回線に接続することにより、遠隔地において所定の転がり軸受3の余寿命を容易に推定することができる。

【0056】

なお、本発明は上述した発明の実施の形態に限定されず、被診断転がり軸受3が劣化初期であるのか末期状態であるのかを推定し、該被診断転がり軸受3の余寿命を算出する方法であれば、上述した構成に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

【0057】

また、予めゴミが混入した状態又は潤滑剤が劣化した状態と、その加速度と圧痕の大きさ等との関係についてデータを採取しておき、採取したゴミ混入状態・潤滑剤の劣化状態と加速度・寿命の関係データと、特徴量抽出部6で抽出した被診断転がり軸受3の振動信号を比較・判定することにより、被診断転がり軸受3のゴミの混入状態・潤滑剤の劣化状態を推定し、その余寿命を診断する構成であれば、図示した構成に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々変更できることは勿論である。

【0058】

【発明の効果】

本発明の転がり軸受の余寿命診断方法は、転がり軸受の寿命の予測に多大に影響する、潤滑剤へのゴミの混入や潤滑剤の劣化状態を、加速度センサの共振周波数帯信号又は高周波信号を用いることにより、安価に検出し、検出したゴミの状態、潤滑剤の状態を根拠に被診断転がり軸受の寿命を高精度に推定することができる。そこで、転がり軸受の交換周期又は交換時期が確定し、より効率的な機器の保守が可能となる。例えば、発電所における回転機器については、稼働率の高い夏場を避けて秋季にその転がり軸受の交換を実施するといった計画を容易に立てることができる。また、従来は、定期点検を余儀なくされていた設備に対し、早期の余寿命判断が可能なことから、点検周期の長期化、劣化データの採取が容易になり、従来の定期点検体制から機器の状態に応じて保守を行う状態基準保守体制への移行を効率化することができる。

【0059】

本発明の転がり軸受の余寿命診断方法装置は、コンパクトな装置により容易かつ正確に転がり軸受の寿命を高精度に推定することができ、更にインターネット回線に接続することにより、遠隔地において所定の転がり軸受の余寿命を容易に判定することができる、等の効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の転がり軸受の余寿命診断方法を示すブロック図である。

【図2】余寿命診断方法で診断する対象物となる電動機と回転機器に備えられた転がり軸受の一例を示す断面図である。

【図3】転がり軸受の余寿命診断方法を示すフロー図である。

【図4】図3のフロー図におけるA部分（判定手段のうち余寿命診断準備段階）を示すフロー図である。

【図5】図3のフロー図におけるB部分（測定手段）を示すフロー図である。

【図6】図3のフロー図におけるC部分（判定手段のうち余寿命診断段階）を示すフロー図である。

【図7】加速度共振周波数帯の振動信号を用いた圧痕の検出を示すグラフである。

【図8】加速度高周波数帯の振動信号を用いた圧痕サイズの推定を示すグラフである。

【図9】圧痕サイズと寿命に及ぼす関係を示すグラフである。

【図10】潤滑剤膜圧と寿命との関係を示すグラフである。

【図11】本発明の転がり軸受の余寿命診断装置を示す構成ブロック図である。

【符号の説明】

1 ポンプ、ファン（回転機器）

10

20

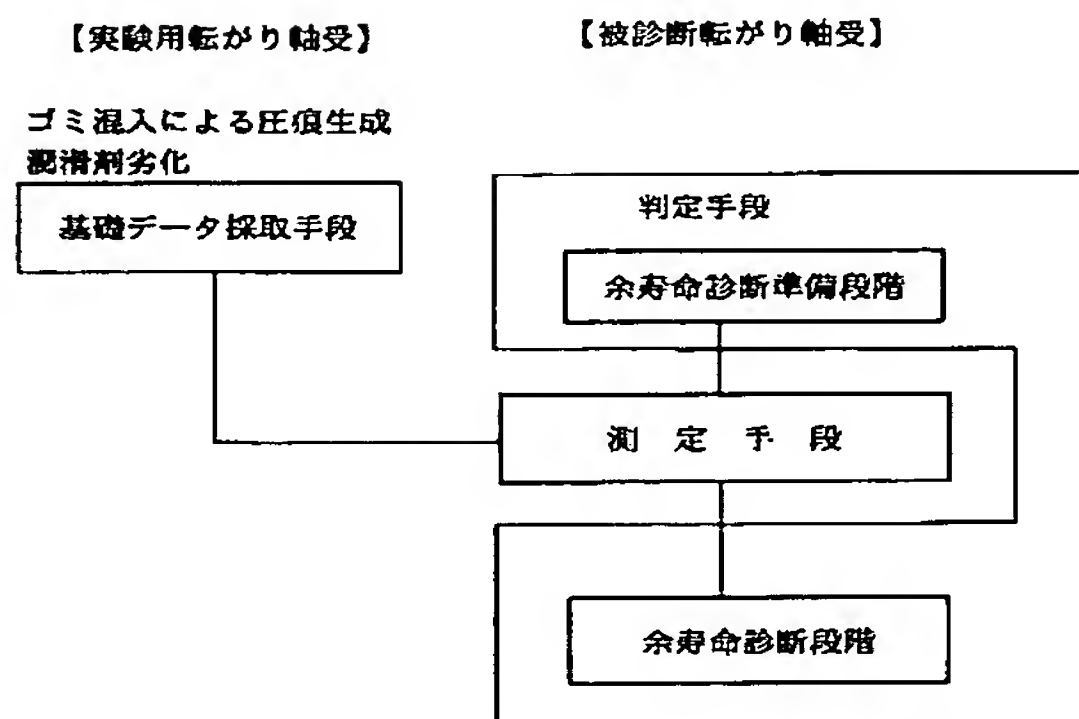
30

40

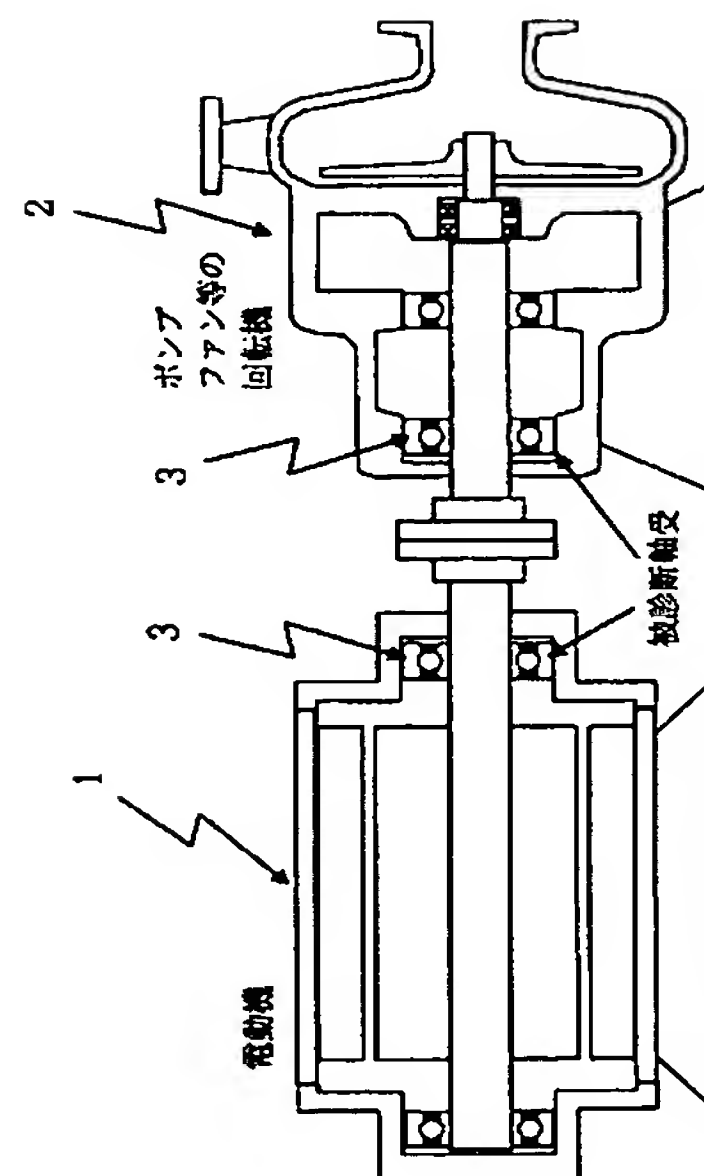
50

- 2 電動機（回転機器）
- 3 転がり軸受（被診断転がり軸受）
- 4 加速度センサ
- 5 アナログ／デジタル変換器
- 6 特徴量抽出部
- 7 測定結果データベース
- 8 余寿命診断部
- 9 診断結果表示部
- 10 点検スケジュール・診断レポート出力部
- 11 伝送用モデム
- 12 プリンタ

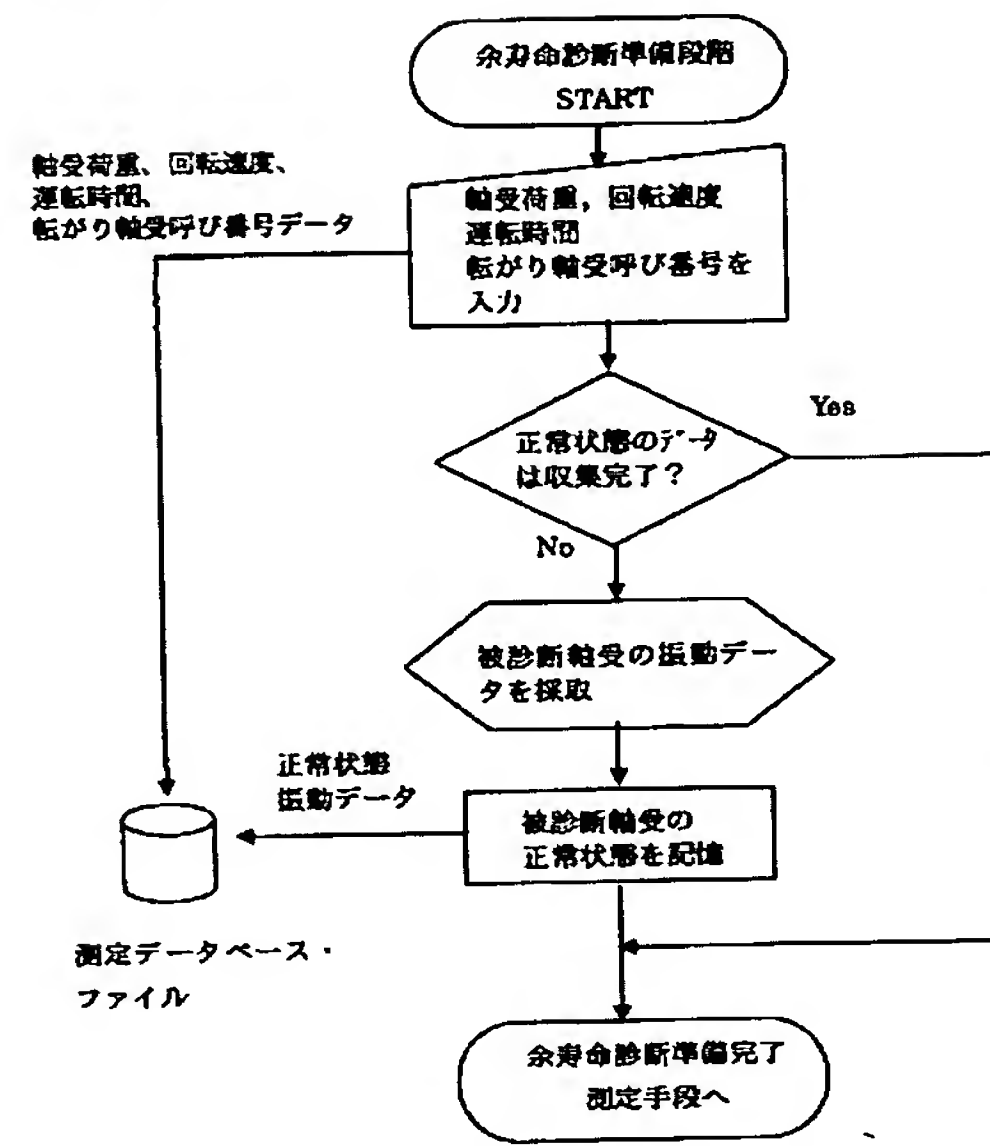
【図 1】



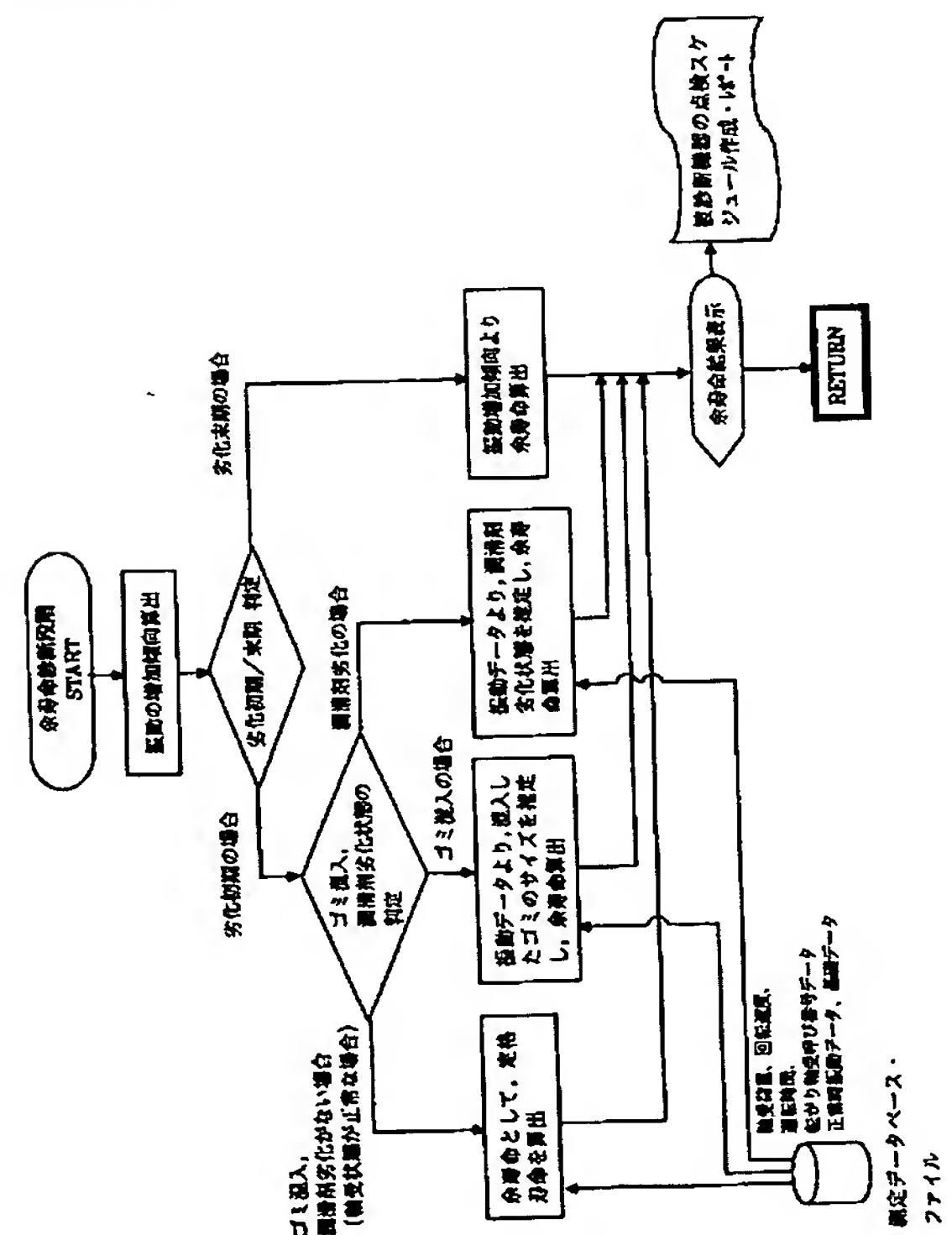
【図 2】



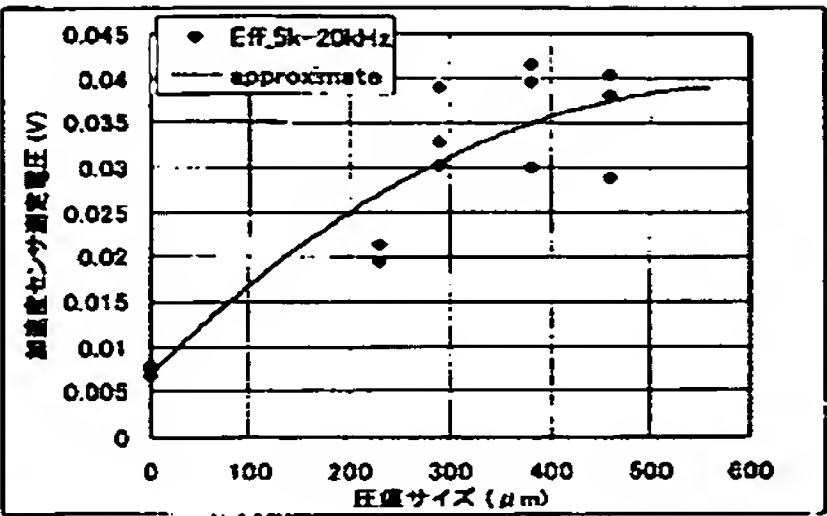
【図 4】



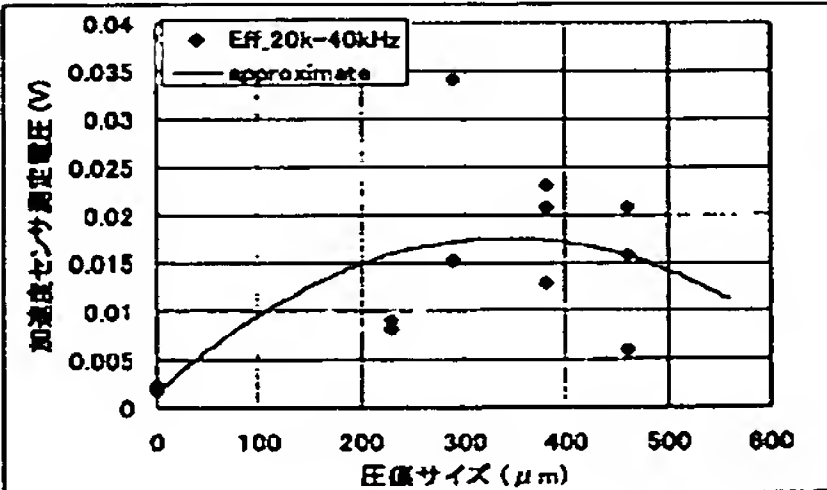
【図 6】



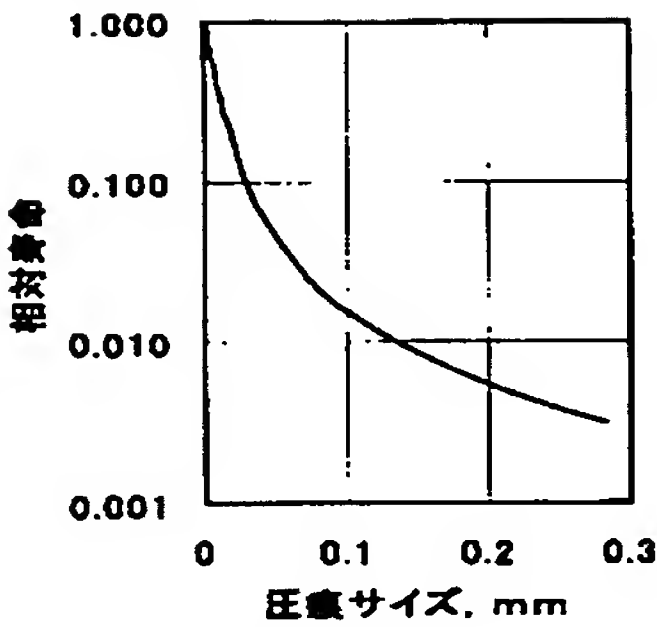
【図 7】



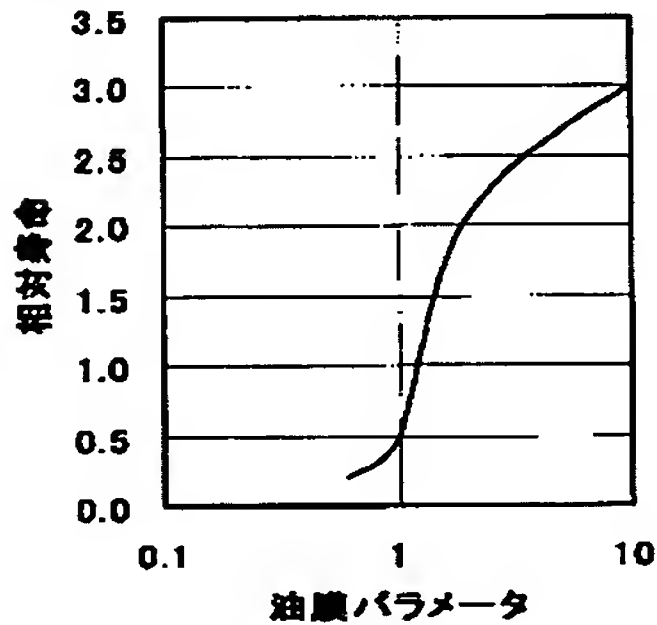
【図 8】



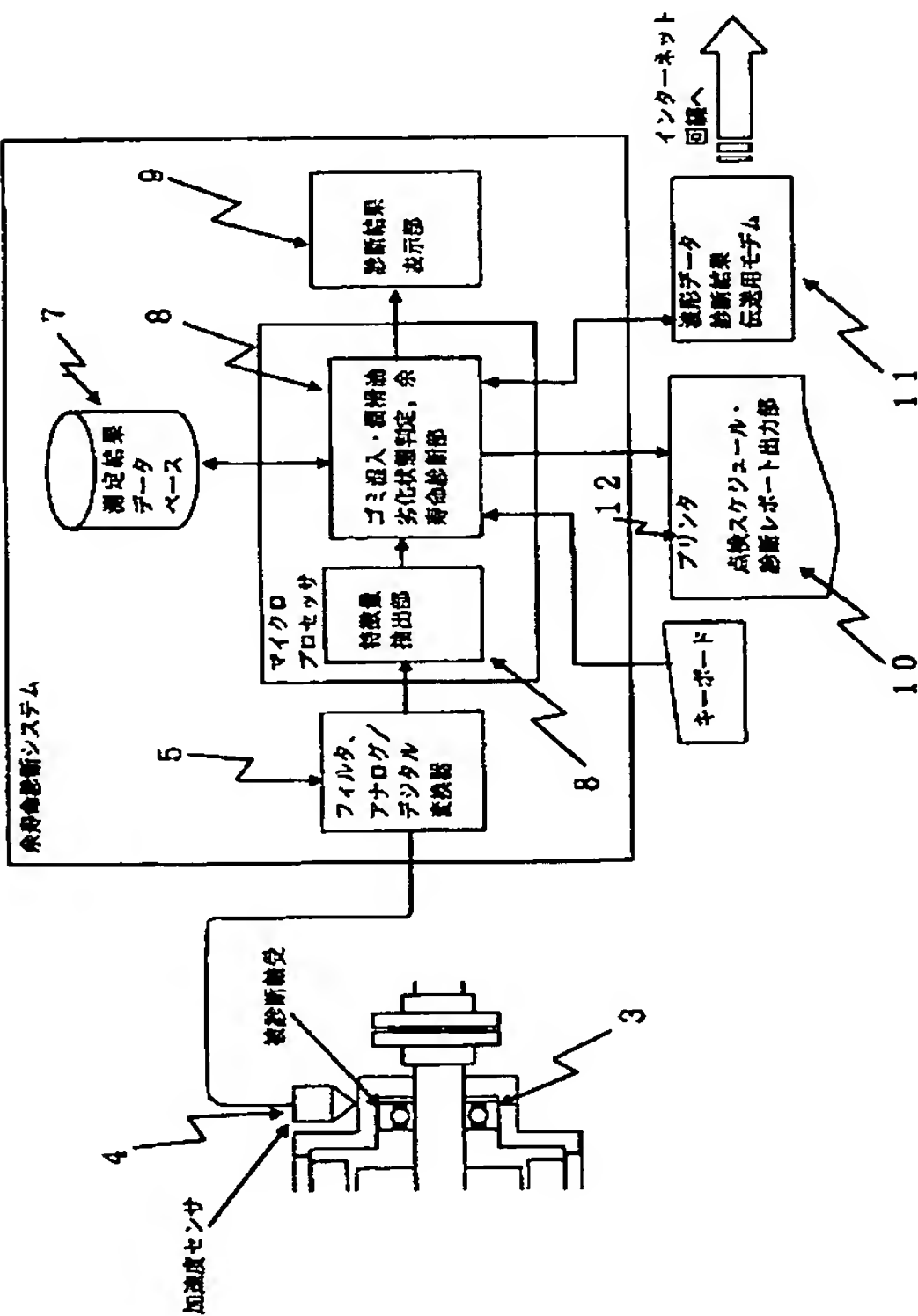
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(74)代理人 100099667

弁理士 武政 善昭

(72)発明者 四郎丸 功

広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内

(72)発明者 田中 誠

広島県広島市中区小町4番33号 中国電力株式会社内

(72)発明者 赤松 良信

三重県桑名市大字東方字尾弓田3066 エヌティエヌ株式会社総合技術研究所内

(72)発明者 長安 洋治

東京都千代田区麴町4丁目3-3 新麴町ビル3階 新川センサテクノロジー株式会社内

(72)発明者 坊田 信吾

東京都千代田区麴町4丁目3-3 新麴町ビル3階 新川センサテクノロジー株式会社内

(72)発明者 岩壺 卓三

神戸市灘区六甲台町1丁目1番 神戸大学内

Fターム(参考) 2G024 AC01 BA12 BA21 CA09 CA11 CA13 DA09 DA20 EA01 FA03

FA04 FA06 FA11

2G064 AA17 AB01 AB11 AB22 CC02 CC47 CC57